

基板検査システム、基板検査方法および基板検査装置

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

5 本発明は、半導体回路素子や液晶表示素子の製造工程において基板を検査する基板検査システム、基板検査方法および基板検査装置に関し、特に、リソグラフィー工程後の検査に好適な基板検査システム、基板検査方法および基板検査装置に関する。

10 2. Description of the Related Art

従来より、半導体回路素子や液晶表示素子の製造工程では、製造工程の時間的変動を監視したり、製造工程で発生した再生可能な不良品を検出したり、再生不可能な不良品を除去したりするために、基板（I C 製造用のウエハや液晶製造用のガラス基板など）に対して様々な検査が実施されている。

15 製造工程における様々な検査を大別すると、マクロ検査とミクロ検査とに分けることができる。マクロ検査とミクロ検査とは、基板の中で実際に検査を実施する領域の面積の比率（検査面積率）が大きく異なり、また、検査対象物のサイズや要求される検査精度も大きく異なる。

マクロ検査は、検査面積率が 4 %～1 0 0 %であり、検査対象物のサイズが数 20 $100 \mu m$ 以上である。つまり、肉眼で見える程度の巨視的な欠陥（例えば異物やレジストパターンの傷など）を広い領域で検査するものである。これに対し、ミクロ検査は、検査面積率が $10^{-8} %$ 程度であり、検査精度が $100 nm \sim 10 nm$ 以下である。つまり、肉眼では見ることのできない微視的な欠陥（例えばレジストパターンの線幅の異常など）をごく狭い領域で検査するものである。

25 このため、マクロ検査とミクロ検査の各々の利点を生かし、マクロ検査は、基板の広い領域で検査したいときに、ミクロ検査は、基板を微細に検査したいときに、個別に実施されていた。例えば特開 2002-76077 号公報には、マクロ検査とミクロ検査をそれぞれ行う装置が記載されている。

しかし、上記した従来技術では、被検査基板の広い領域を対象とした検査と狭

い領域を対象とした検査が個別に実施されるため、両方の検査の組み合わせによる1つの基板検査システムを考えたときに、この基板検査システムの中で両方の検査が効率的に運用されているとは限らなかった。

5

SUMMARY OF THE INVENTION

そこで、本発明の目的は、被検査基板の広い領域を対象とした検査と狭い領域を対象とした検査とを効率良く運用できる基板検査システム、基板検査方法および基板検査装置を提供することにある。

本発明の基板検査システムは、複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査を実施して、それぞれの前記被検査基板の欠陥の有無情報を出力する第1の検査装置と、前記第1の検査装置から出力された前記欠陥の有無情報を前記被検査基板ごとに記憶する記憶装置と、前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する第2の検査装置とを備え、前記第2の検査装置は、前記記憶装置に記憶された前記欠陥の有無情報を参照して、前記複数の被検査基板のうち、前記欠陥の無い被検査基板で、前記検査を実施するものである。

好ましくは、上記の基板検査システムにおいて、前記第2の検査装置は、前記被検査基板の表面に形成されているレジストパターンと下地パターンとの相対的なずれを測定することにより、前記検査を実施するものである。

また、本発明の他の基板検査システムは、複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査を実施して、それぞれの前記被検査基板の欠陥の分布情報を出力する第1の検査装置と、前記第1の検査装置から出力された前記欠陥の分布情報を前記被検査基板ごとに記憶する記憶装置と、前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する第2の検査装置とを備え、前記第2の検査装置は、前記記憶装置に記憶された前記欠陥の分布情報を参照して、前記複数の被検査基板のうち、前記所定の部分に前記欠陥が分布していない被検査基板で、前記検査を実施するものである。

好ましくは、上記の基板検査システムにおいて、前記第2の検査装置は、前記被検査基板の表面に形成されているレジストパターンと下地パターンとの相対的なずれを測定することにより、前記検査を実施するものである。

さらに、本発明の他の基板検査システムは、複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査を実施して、それぞれの前記被検査基板の欠陥の分布情報および分類情報を出力する第1の検査装置と、前記第1の検査装置から出力された前記欠陥の分布情報および分類情報を前記被検査基板ごとに記憶する記憶装置と、前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する第2の検査装置とを備え、前記第2の検査装置は、前記記憶装置に記憶された前記欠陥の分布情報および分類情報を参照して、前記複数の被検査基板のうち、前記検査を実施すべき被検査基板を決定するものである。

好ましくは、上記の基板検査システムにおいて、前記第2の検査装置は、前記分類情報に含まれている前記欠陥の種類と当該第2の検査装置で検出可能な欠陥の種類との関連の度合いに応じて、前記検査を実施すべき被検査基板を決定するものである。

好ましくは、上記の基板検査システムにおいて、前記第2の検査装置は、前記被検査基板の表面に形成されているレジストパターンの線幅を測定することにより、前記検査を実施するものである。

本発明の基板検査方法は、複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査を実施して、それぞれの前記被検査基板の欠陥の有無情報を出力する第1の検査工程と、前記第1の検査工程で出力された前記欠陥の有無情報を前記被検査基板ごとに記憶する記憶工程と、前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する第2の検査工程とを備え、前記第2の検査工程では、前記記憶工程で記憶された前記欠陥の有無情報を参照して、前記複数の被検査基板のうち、前記欠陥の無い被検査基板で、前記検査を実施するものである。

好ましくは、上記の基板検査方法において、前記第2の検査工程では、前記被検査基板の表面に形成されているレジストパターンと下地パターンとの相対的なずれを測定することにより、前記検査を実施するものである。

また、本発明の他の基板検査方法は、複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査を実施して、それぞれの前記被検査基板の欠陥の分布情報を出力する第1の検査工程と、前記第1の検査工程で出力された前記欠陥の分布情報を前記被検査基板ごとに記憶する記憶工程と、前記被検査基板の所定の部分に対する検査を

実施する第2の検査工程とを備え、前記第2の検査工程では、前記記憶工程で記憶された前記欠陥の分布情報を参照して、前記複数の被検査基板のうち、前記所定の部分に前記欠陥が分布していない被検査基板で、前記検査を実施するものである。

- 5 好ましくは、上記の基板検査方法において、前記第2の検査工程では、前記被検査基板の表面に形成されているレジストパターンと下地パターンとの相対的なずれを測定することにより、前記検査を実施するものである。

さらに、本発明の他の基板検査方法は、複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査を実施して、それぞれの前記被検査基板の欠陥の分布情報および分類情報を作成する第1の検査工程と、前記第1の検査工程で作成された前記欠陥の分布情報および分類情報を前記被検査基板ごとに記憶する記憶工程と、前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する第2の検査工程とを備え、前記第2の検査工程では、前記記憶工程で記憶された前記欠陥の分布情報および分類情報を参照して、前記複数の被検査基板のうち、前記検査を実施すべき被検査基板を決定するものである。

好ましくは、上記の基板検査方法において、前記第2の検査工程では、前記分類情報に含まれている前記欠陥の種類と当該第2の検査工程で検出可能な欠陥の種類との関連の度合いに応じて、前記検査を実施すべき被検査基板を決定するものである。

- 20 好ましくは、上記の基板検査方法において、前記第2の検査工程では、前記被検査基板の表面に形成されているレジストパターンの線幅を測定することにより、前記検査を実施するものである。

本発明の基板検査装置は、複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査の結果得られた、それぞれの前記被検査基板の欠陥の有無情報が記憶される記憶装置と、前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する検査部とを備え、前記検査部は、前記記憶装置に記憶された前記欠陥の有無情報に基づいて、前記複数の被検査基板のうち、前記欠陥の無い被検査基板で、前記検査を実施するものである。

また、本発明の他の基板検査装置は、複数の被検査基板それぞれに対するマク

ロ検査の結果得られた、それぞれの前記被検査基板の欠陥の分布情報が記憶される記憶装置と、前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する検査部とを備え、前記検査部は、前記記憶装置に記憶された前記欠陥の分布情報に基づいて、前記複数の被検査基板のうち、前記所定の部分に前記欠陥が分布していない被検査基板で、前記検査を実施するものである。

さらに、本発明の他の基板検査装置は、複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査の結果得られた、それぞれの前記被検査基板の欠陥の分布情報および分類情報が記憶される記憶装置と、前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する検査部とを備え、前記検査部は、前記記憶装置に記憶された前記欠陥の分布情報および分類情報に基づいて、前記複数の被検査基板のうち、前記検査を実施すべき被検査基板を決定するものである。

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

図1は、第1実施形態の基板検査システム10の構成を示すブロック図である。

図2は、ウエハ14(j)におけるマクロ欠陥14a(j)を説明する図である。

図3Aは、予め用意されたサンプリング領域13aを説明する図である。

図3Bは、マクロ欠陥14a(j)の分布領域とサンプリング領域13aとが重なっている場合の一例を説明する図である。

図3Cは、マクロ欠陥14a(j)の分布領域とサンプリング領域13aとが重なっていない場合の一例を説明する図である。

図4は、重ね合わせ測定工程の具体例を示すフローチャートである。

図5は、第2実施形態の基板検査システム30の構成を示すブロック図である。

図6は、ウエハ14のマクロ欠陥の自動分類を説明する図である。

図7は、線幅測定工程の具体例を示すフローチャートである。

25

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENT

以下、図面を用いて本発明の実施形態を詳細に説明する。

(第1実施形態)

第1実施形態の基板検査システム10は、図1に示すように、自動マクロ検査

装置11と検査データ記憶装置12と重ね合わせ測定装置13とで構成され、自動マクロ検査装置11と検査データ記憶装置12とが不図示の通信手段を介して接続され、同様に、検査データ記憶装置12と重ね合わせ測定装置13も不図示の通信手段を介して接続され、全体としてネットワークを形成している。

5 この基板検査システム10は、半導体回路素子の製造工程において、製造工程の時間的変動を監視したり、製造工程で発生した再生可能な不良品を検出したり、再生不可能な不良品を除去したりするために、IC製造用のウェハ14(1)～14(n)に対してマクロ検査と重ね合わせ検査とを実施するものである（詳細は後述する）。

10 検査対象のウェハ14(1)～14(n)（被検査基板）は、1つのカセット16内に水平な状態で格納され、垂直方向に並べられている。ここでは、上の段に格納されたウェハから順に“14(1)”～“14(n)”の符号を付した。“n”は2以上の整数（例えば25）である。また、ウェハ14(1)～14(n)は、リソグラフィー工程を経た後の状態にある。

15 ちなみに、リソグラフィー工程では、ウェハ14(1)～14(n)の表面にレジスト膜が塗布され、このレジスト膜にマスク（レチクル）の回路パターンが露光され、さらに、レジスト膜の露光部分または未露光部分が現像される。このため、リソグラフィー工程後のウェハ14(1)～14(n)は、その表面にレジストパターンが形成された状態となっている。

20 リソグラフィー工程によりレジストパターンが表面に形成されたウェハ14(1)～14(n)は、基板検査システム10において、カセット16内に格納された状態で、不図示の搬送手段により、まず初めに自動マクロ検査装置11（第1の検査装置）へ搬送され、その次に重ね合わせ測定装置13（第2の検査装置）へ搬送される。

25 詳細は後述するが、自動マクロ検査装置11は、ウェハ14(1)～14(n)それぞれに対するマクロ検査を実施する。また、重ね合わせ測定装置13は、ウェハ14(1)～14(n)のサンプリング領域に対する重ね合わせ検査を実施する。つまり、基板検査システム10における検査は、“広い領域を対象とした検査（マクロ検査）”→“狭い領域を対象とした検査（重ね合わせ検査）”の順に実施される。

なお、自動マクロ検査装置11と重ね合わせ測定装置13は、カセット16が搬送されると、そのカセット16内から1枚ずつウエハ14(j)を取り出して所定の検査を実施する($j = 1 \sim n$)。そして検査が終了したウエハ14(j)を再びカセット16内に格納する。

- 5 さて、自動マクロ検査装置11は、ウエハ14(1)～14(n)のうち任意のウエハ14(j)の広い領域を照明すると共に、ウエハ14(j)から発生する回折光や反射光などに基づいてウエハ14(j)の像を撮像する(例えば特開平11-72443号公報)。そして、得られたウエハ画像に対して画像処理を行ったり、ウエハ画像の光量をモニタしたりすることで、ウエハ14(j)のマクロ欠陥14a(j)
- 10 (図2)を自動的に検出する。自動マクロ検査装置11による検査面積率は、4%～100%である。

自動マクロ検査装置11によって検出されるマクロ欠陥14a(j)とは、ウエハ14(j)の表面に付着した異物、レジストパターンの傷、レジスト膜の塗布むら、露光時のデフォーカスによる膜厚むらや断面形状の異常などである。つまり、
15 マクロ欠陥14a(j)は、肉眼で見える程度の巨視的な欠陥である(サイズは数100μm以上)。

さらに、自動マクロ検査装置11は、ウエハ14(j)から検出したマクロ欠陥14a(j)の分布情報を自動的に電子情報化してマクロ欠陥マップ15(j)を生成し、このマクロ欠陥マップ15(j)を自動的に出力する。マクロ欠陥マップ1
20 5(j)には、検出されたマクロ欠陥14a(j)のウエハ14(j)上での座標や面積に関する情報が含まれている。

なお、マクロ欠陥14a(j)の検出およびマクロ欠陥マップ15(j)の生成は、自動マクロ検査装置11に搬送されてきたカセット16内の全てのウエハ14(1)～14(n)それぞれについて順に行われる(全数検査)。そして、得られたマ
25 クロ欠陥マップ15(1)～15(n)は、ウエハ14(1)～14(n)が格納されているカセット16の番号およびカセット16内での段の番号と共に出力される。出力先は検査データ記憶装置12である。

次に、検査データ記憶装置12について説明する。検査データ記憶装置12は、自動マクロ検査装置11から出力されたマクロ欠陥マップ15(1)～15(n)、カ

セット16の番号,カセット16内の段の番号を不図示の通信手段を介して取り込み、マクロ欠陥マップ15(1)～15(n)のそれぞれに適切なID番号を付けて記憶するデータサーバである。ID番号は、カセット16の番号およびカセット16内の段の番号からマクロ欠陥マップ15(1)～15(n)を特定するときに参照される。

このようにして、ウエハ14(1)～14(n)ごとのマクロ欠陥マップ15(1)～15(n)が検査データ記憶装置12に記憶される一方で、自動マクロ検査装置11によるマクロ検査を終えたウエハ14(1)～14(n)は、カセット16に格納された状態で重ね合わせ測定装置13に向けて搬送される。そして、重ね合わせ測定装置13によってウエハ14(1)～14(n)に対する重ね合わせ検査が実施される。

重ね合わせ測定装置13は、カセット16に格納されたウエハ14(1)～14(n)のうち重ね合わせ検査に適したウエハ14(j)を後述の方法によって選別した後、そのウエハ14(j)のごく狭い領域を照明すると共に、ウエハ14(j)から発生する反射光などに基づいてウエハ14(j)の像を撮像する。そして、得られたウエハ画像に対して画像処理を行うことで、ウエハ14(j)の表面に形成されているレジストパターンと下地パターンとの相対的なずれ（重ね合わせずれ）を自動的に測定する。

重ね合わせ測定装置13の検査精度は、100nm～10nm以下である。さらに、重ね合わせ測定装置13による検査面積率は10⁻⁸%程度であり、この検査面積率に応じて経験的に、複数のサンプリング領域13a（図3A）がウエハ14(j)の検査領域として予め用意されている。サンプリング領域13aは、請求項の「所定の部分」に対応する。

重ね合わせ測定装置13によって検出される欠陥の種類（レジストパターンの重ね合わせずれの異常）は、肉眼では見ることのできない微視的なものである。また、この欠陥の種類（レジストパターンの重ね合わせずれの異常）は、上記した自動マクロ検査装置11によって検出されるマクロ欠陥14a(j)の種類（異物やレジストパターンの傷など）と関連がない。つまり、マクロ欠陥14a(j)が重ね合わせずれの変動に直接的な因果関係をもつことはない。

しかし、仮に、重ね合わせ測定装置13による検査領域（ウェハ14(j)のサンプリング領域13a）にマクロ欠陥14a(j)が存在すると（図3B参照）、重ね合わせ測定装置13の測定結果に何らかの変化が生じたり、正常な重ね合わせ測定ができなかつたりする。

- 5 このような事態を避けるため、重ね合わせ測定装置13は、図4の処理（ステップS10～S16）を順に実行して、カセット16に格納されたウェハ14(1)～14(n)のうち重ね合わせ検査に適したウェハ14(j)を選別した後、ウェハ14(j)のサンプリング領域13a（図3A）に対する重ね合わせ検査を実施する。

図4を参照して重ね合わせ測定装置13の具体的な動作説明を行う。

- 10 重ね合わせ測定装置13は、ステップS10において、搬送されてきたカセット16内のウェハ14(1)～14(n)のうち、上から1段目に格納されているウェハ14(1)を1回目の処理対象に指定し、続くステップS11～S14の処理を実行する。

15 ステップS11では、ウェハ14(1)が格納されているカセット16の番号およびカセット16内での段の番号に基づいて、検査データ記憶装置12に記憶されている各々のウェハ欠陥マップのID番号を参照することで、ウェハ14(1)に対応するマクロ欠陥マップ15(1)を特定し、これを不図示の通信手段を介して取り込む。

20 ステップS12では、取り込んだマクロ欠陥マップ15(1)を参照して、ウェハ14(1)にマクロ欠陥（図2の14a(j)参照）があるかないかを判断する。そして、マクロ欠陥がない場合には（S12がNo）、ステップS13に進み、マクロ欠陥マップ15(1)に対応するウェハ14(1)をカセット16内の1段目から取り出し、予め用意されたサンプリング領域13a（図3A参照）で重ね合わせ検査を実施する。

25 また、マクロ欠陥がある場合には（S12がYes）、ステップS14に進み、マクロ欠陥の分布領域とサンプリング領域13aとが重なっているか否かを判断する。そして、マクロ欠陥の分布領域とサンプリング領域13aとが全く重なっていない場合は（S14がNo）、ステップS13に進み、上記と同様にウェハ14(1)のサンプリング領域13a（図3C参照）で重ね合わせ検査を実施する。

一方、図3Bに示すように、マクロ欠陥(14a(j)参照)の分布領域とサンプリング領域13aとが少しでも重なっている場合には(S14がYes)、ウェハ14(1)のサンプリング領域13aに対する重ね合わせ検査を行っても正確な結果が得られない。このため、重ね合わせ検査を実施せず、次のステップS15に進む。

ステップS15では、重ね合わせ検査が実施されたウェハ(つまりステップS13の処理を経たウェハ)の総数が、所定枚数mに達したか否かを判断する($m < n$)。カセット16内に格納されているウェハはn枚だが、このうち重ね合わせ検査を実施すべき枚数mは予め全数nより少なく定められている。つまり一般的に重ね合わせ検査はカセット16内的一部のウェハに対して実施される(抜き取り検査)。なお、重ね合わせ検査が実施されるウェハは、サンプリング領域13aにマクロ欠陥が分布していないウェハである。

ステップS15の判断の結果、検査済みウェハの総数が所定枚数mより少ない場合(S15がNo)、重ね合わせ測定装置13は、ステップS16を経て、ステップS11へ戻る。そして今度は、カセット16の上から2段目に格納されているウェハ14(2)を2回目の処理対象に指定し、上記と同様の処理(ステップS11～S15)を行う。

ステップS11～S16の処理は、ステップS15の判断の結果、検査済みウェハの総数が所定枚数mに達するまで(S15がYes)、処理対象のウェハを変更しながら繰り返し行われる。そして、検査済みウェハの総数が所定枚数mに達すると、そのカセット16に対する重ね合わせ検査を終了する。

このようにして重ね合わせ測定工程が終了すると、次に、上記のマクロ検査および重ね合わせ検査の結果に基づいて、カセット16単位で良否判定がなされる。そして、例えば正常だと判定されたカセット16は次工程(加工工程)へ送られ、不良と判定されたカセット16は再生工程へ送られ、再生不可能なカセット16は廃棄される。

上記したように、第1実施形態の基板検査システム10では、自動マクロ検査装置11で検出されたマクロ欠陥14a(j)の分布領域において、重ね合わせ測定装置13による検査を実施しない。つまり、マクロ欠陥14a(j)の分布領域

を避けて、重ね合わせ測定装置13による検査を実施できる。

このため、常に、ウエハ14(j)の表面に付着した異物やレジストパターンの傷など(マクロ欠陥14a(j))の影響を受けることなく、正確にレジストパターンの重ね合わせずれを測定できる。したがって、レジストパターンの重ね合わせずれの異常も正確に検出でき、信頼性が向上する。

さらに、カセット16の重ね合わせ検査に適した検査領域(サンプリング領域13a)をウエハ単位で取捨選択し、マクロ欠陥14a(j)の分布領域で重ね合わせ検査を実施してしまうといった無駄を確実に省くことができるため、重ね合わせ測定装置13による正確な検査を効率良く実施することが可能となる。

また、重ね合わせ測定装置13による検査を、製造工程の時間的変動を監視するプロセスモニターとして実施する場合、重ね合わせ測定装置13がモニターしているプロセス変動(重ね合わせずれの変動)と直接的な因果関係のない突発的な不良が発生しても、その影響を受けることのない(プロセス変動の特異点を避けた)正確で効率的なプロセスモニターが可能となる。

なお、上記した第1実施形態では、自動マクロ検査装置11がマクロ欠陥14a(j)の分布情報に関するマクロ欠陥マップ15(j)を出力し、重ね合わせ測定装置13が重ね合わせ検査を実施する前にマクロ欠陥マップ(j)を参照する例で説明したが、本発明はこの例に限定されない。

例えば、マクロ欠陥14(j)の“有無情報”を自動マクロ検査装置11が出力し、この“有無情報”を検査データ記憶装置12に記憶させ、重ね合わせ測定装置13が重ね合わせ検査を実施する前に“有無情報”を参照するようにしても構わない。この場合の重ね合わせ測定装置13は、図4のステップS14を省略した手順で動作する。したがって、カセット16内のウエハ14(1)～14(n)のうち、マクロ欠陥14(j)の無いウエハ14(j)のみで、重ね合わせ検査が実施される。

さらに、上記した第1実施形態では、重ね合わせ測定装置13を用いた基板検査システム10の例を説明したが、本発明はこの構成に限定されない。自動マクロ検査装置11によって検出されるマクロ欠陥14aの種類と関連がない欠陥を検出可能な検査装置であれば、重ね合わせ測定装置13に代えて用いることがで

きる。この場合にも、上記と同様の効果を奏する。

(第2実施形態)

第2実施形態の基板検査システム30は、図5に示すように、上記の自動マクロ検査装置11に代えて自動マクロ検査装置31（第1の検査装置）を設け、上記の重ね合わせ測定装置13に代えて線幅測定装置33（第2の検査装置）を設けたものであり、カセット16内のウェハ14(1)～14(n)に対してマクロ検査と線幅検査とを順に実施する。線幅検査は、狭い領域を対象とした検査である。自動マクロ検査装置31の基本的な構成は、上記の自動マクロ検査装置11と同じである。

自動マクロ検査装置31は、上記の自動マクロ検査装置11と同様にウェハ14(j)（図6）のマクロ欠陥14b(j)～14d(j)を自動的に検出する際、ウェハ画像に現れるパターンの特徴や光量に基づいて、マクロ欠陥14b(j)～14d(j)の分類も併せて自動的に行う。

例えば、ウェハ14(j)の表面に付着した異物（マクロ欠陥14b(j)）は、ウェハ画像の中で小さく光る点となる。レジスト膜の塗布むら（マクロ欠陥14c(j)）は、ウェハ画像の中で中心から外側に向かって尾を引くようなコメット状となる。露光時のデフォーカスによる膜厚むらや断面形状の異常（マクロ欠陥14d(j)）は、ショット単位で明るくなったり暗くなったりする。

このように、ウェハ14(j)のマクロ欠陥14b(j)～14d(j)の種類ごとに、ウェハ画像の中に現れるパターンの特徴や光量が異なるため、これらの特徴などを自動マクロ検査装置31内に予め記憶しておき、マクロ欠陥14b(j)～14d(j)の検出時に参照することで、自動欠陥分類を行うことができる。

そして、自動マクロ検査装置31は、ウェハ14(j)から検出したマクロ欠陥14b(j)～14d(j)の分布情報および分類情報を自動的に電子情報化してマクロ欠陥マップ35(j)を生成し、このマクロ欠陥マップ35(j)を自動的に出力する。マクロ欠陥マップ35(j)には、検出されたマクロ欠陥14b(j)～14d(j)のウェハ14(j)上での座標や面積に関する情報と種類に関する情報とが含まれている。

なお、マクロ欠陥14b(j)～14d(j)の検出や分類およびマクロ欠陥マップ

35(j)の生成は、自動マクロ検査装置31に搬送されてきたカセット16内の全てのウエハ14(1)～14(n)それぞれについて順に行われる（全数検査）。

そして、得られたマクロ欠陥マップ35(1)～35(n)は、ウエハ14(1)～14(n)が格納されているカセット16の番号およびカセット16内の段の番号と共に出力され、不図示の通信手段を介して検査データ記憶装置12に取り込まれる。検査データ記憶装置12内では、マクロ欠陥マップ35(1)～35(n)のそれぞれに適切なID番号が付けられる。

一方、自動マクロ検査装置31によるマクロ検査を終えたウエハ14(1)～14(n)は、カセット16に格納された状態で線幅測定装置33に向けて搬送される。そして、線幅測定装置33によってウエハ14(1)～14(n)に対する線幅検査が実施される。

線幅測定装置33は、カセット16に格納されたウエハ14(1)～14(n)のうち線幅検査に適したウエハ14(j)を後述の方法によって選別した後、そのウエハ14(j)のごく狭い領域を照明すると共に、ウエハ14(j)から発生する反射光などに基づいてウエハ14(j)の像を撮像する。そして、得られたウエハ画像に対して画像処理を行うことで、ウエハ14(j)の表面に形成されているレジストパターンの線幅を自動的に測定する。線幅測定装置33の検査精度は、100nm～10nm以下である。線幅測定装置33による検査面積率は10⁻⁸%程度である。

線幅測定装置33によって検出される欠陥の種類（レジストパターンの線幅の異常）は、肉眼では見ることのできない微視的なものである。また、この欠陥の種類（レジストパターンの線幅の異常）は、上記した自動マクロ検査装置31によって検出されるマクロ欠陥14b(j)～14d(j)の種類と関連があり、特に、露光時のデフォーカスによる膜厚むらや断面形状の異常（マクロ欠陥14d(j)）と関連が深い。つまり、デフォーカスによるマクロ欠陥14d(j)は、レジストパターンの線幅の異常に直接的な因果関係をもつことがある。

このため、線幅測定装置33は、図7の処理（ステップS30～S36）を順に実行し、カセット16内のウエハ14(1)～14(n)のうち線幅検査に適したウエハ14(j)を選別した後で、ウエハ14(j)に対する線幅検査を実施する。図7

のステップS30～S32,S35,S36は、上述した図4のステップS10～S12,S15,S16と同様であるため、詳細な説明を省略する。

線幅測定装置33は、検査データ記憶装置12からウェハ欠陥マップ35(i)を取り込み(S31)、マクロ欠陥14b(i)～14d(i)があるかないかを判断5し(S32)、「ある」場合(S32がYes)にはステップS33に進み、それらの種類が露光時のデフォーカスによるマクロ欠陥14d(i)であるか否かを判断する。

この判断の結果、デフォーカスによるマクロ欠陥14d(i)を含む場合(S33がYes)は、ステップS34に進み、ウェハ欠陥マップ35(i)に対応する10ウェハ14(i)をカセット16から取り出し、デフォーカスによるマクロ欠陥14d(i)の分布領域(図6参照)で線幅検査を実施する。第2実施形態では、マクロ欠陥14d(i)の分布領域が、請求項「所定の部分」に対応する。

一方、ウェハ14(i)にマクロ欠陥(14b～14d)が存在しない場合(S32がNo)、または、デフォーカスによるマクロ欠陥14d(i)が存在しない場合(S15S33がNo)に、線幅測定装置33は、ステップS34の処理を実行せず(つまりウェハ14(i)に対する線幅検査を実施せず)、次のステップS35に進む。

ステップS35では、線幅検査が実施されたウェハ(つまりステップS34の処理を経たウェハ)の総数が、所定枚数kに達したか否かを判断する(k < n)。カセット16内に格納されているウェハはn枚だが、このうち線幅検査を実施すべき枚数kは全数nより少ない(抜き取り検査)。なお、線幅検査を実施すべきウェハは、ウェハ欠陥マップ35(i)を参照して決定される。

ステップS31～S36の処理は、ステップS35の判断の結果、検査済みウェハの総数が所定枚数kに達するまで(S35がYes)、処理対象のウェハを変更しながら繰り返し行われる。そして、検査済みウェハの総数が所定枚数kに達25すると、そのカセット16に対する線幅検査を終了する。

このようにして線幅測定工程が終了すると、次に、上記のマクロ検査および線幅検査の結果に基づいて、カセット16単位で良否判定がなされる。そして、例えば正常だと判定されたカセット16は次工程(加工工程)へ送られ、不良と判定されたカセット16は再生工程へ送られ、再生不可能なカセット16は廃棄さ

れる。

上記したように、第2実施形態の基板検査システム30では、自動マクロ検査装置31で検出されたマクロ欠陥の種類を参照し、線幅検査を実施すべきウェハを決定する。具体的には、線幅測定装置33で検出可能な欠陥の種類（レジストパターンの線幅の異常）と関連の度合いが深いマクロ欠陥（例えば露光時のデフォーカスによるマクロ欠陥14d）を有するウェハが、線幅検査を実施すべきウェハとして決定される。

このため、デフォーカスによるマクロ欠陥14dが検出されたショット領域で効率良く線幅検査を実施することができる。また、デフォーカスによるマクロ欠陥14dの詳細な線幅測定が可能となり、デフォーカスによってレジストパターンの線幅が正常値から何nm変化したかを定量的に把握することもできる。さらに、予め用意されたサンプリング領域での線幅測定だけでは見逃されていた欠陥（線幅の異常）も検出することができ、信頼性が向上する。

なお、デフォーカスによるマクロ欠陥14dが検出されたショット領域での線幅検査に加えて、予め用意された複数のサンプリング領域13a（図3A）での線幅検査を実施しても構わない。ただし、線幅測定装置33によって検出可能な欠陥（線幅の異常）とは関連の薄いマクロ欠陥14b（異物）やマクロ欠陥14c（レジスト塗布むら）がサンプリング領域13aに存在する場合は、そのサンプリング領域13aでの線幅検査を実施しないようにすることが好ましい。これにより線幅検査を効率良く実施することができる。

また、線幅測定装置33による検査をプロセスマニターとして実施する場合、線幅測定装置33がモニターしているプロセスマ変動（レジストパターンの線幅の変動）と直接的な因果関係のない突発的な不良が発生しても、その影響を受けることのない（プロセスマ変動の特異点を避けた）効率的なプロセスマニターが可能となる。

さらに、上記した第2実施形態では、線幅測定装置33を用いた基板検査システム30を説明したが、本発明はこの構成に限定されない。自動マクロ検査装置31によって検出されるマクロ欠陥（14b～14d）の種類と関連がある欠陥を検出可能な検査装置であれば、線幅測定装置33に代えて用いることができる。

この場合にも、上記と同様の効果を奏する。

例えは、レジストパターンの断面形状を測定する断面形状測定装置を上記の線幅測定装置 3 3 に代えて用いた場合、この断面形状測定装置によって検出可能な欠陥の種類（断面形状の異常）は、露光時のデフォーカスによるマクロ欠陥 1 4 d と関連が深いため、このマクロ欠陥 1 4 d の分布領域で、断面形状測定を実施すれば良い。これにより、デフォーカスによるマクロ欠陥 1 4 d の詳細な断面形状測定が可能となり、デフォーカスによってレジストパターンの断面形状がどのように変化したかを把握することもできる。

さらに、レジスト膜厚を測定する膜厚測定装置を上記の線幅測定装置 3 3 に代えて用いた場合、この膜厚測定装置によって検出可能な欠陥の種類（膜厚の異常）は、レジスト膜の塗布むら（マクロ欠陥 1 4 c）やデフォーカスによるマクロ欠陥 1 4 d と関連が深いため、これらマクロ欠陥 1 4 c, 1 4 d の分布領域で、膜厚測定を実施すれば良い。これにより、レジスト膜の塗布むら（1 4 c）やデフォーカスによるマクロ欠陥 1 4 d の詳細な膜厚測定が可能となり、その膜厚が好ましい厚さに対して何 nm 变化したかを把握することもできる。

また、基板表面の異物を検査する表面異物検査装置を上記の線幅測定装置 3 3 に代えて用いた場合、この表面異物検査装置によって検出可能な欠陥の種類（異物）は、ウエハ 1 4 の表面に付着した異物（マクロ欠陥 1 4 b）と関連が深いため、このマクロ欠陥 1 4 b の分布領域で、異物検査を実施すれば良い。これにより、その異物を構成する物質を特定したり、大きさが何 μm かを把握することもできる。

さらに、線幅測定装置 3 3 と、断面形状測定装置と、膜厚測定装置と、表面異物検査装置とを組み合わせて用いることもできる。この場合、自動マクロ検査装置 3 1 によって検出されたマクロ欠陥に対し自動欠陥分類（異物、塗布不良、デフォーカス）を行うことで、欠陥種別に応じた線幅検査、断面形状検査、膜厚検査、異物検査を効率良く実施することが可能となる。

また、第 1 実施形態で説明した重ね合わせ測定装置 1 3 と、第 2 実施形態で説明した線幅測定装置 3 3 や断面形状測定装置などを組み合わせて用いることもできる。その他、顕微鏡装置や、パターン欠陥を検査するパターン欠陥検査装置、

基板の平面形状の測定を行う平坦度測定装置を組み合わせてもよい。顕微鏡装置には、例えば、光学顕微鏡、電子顕微鏡、原子間力顕微鏡、近接場光学顕微鏡などを用いることができる。

5 このようにして複数の検査装置(1 3 , 3 3 , ...)を組み合わせた基板検査システムでは、自動マクロ検査装置により検出されたマクロ欠陥の分布情報および分類情報（マクロ欠陥マップ）を検査データ記憶装置 1 2 に記憶させ、このマクロ欠陥マップを複数の検査装置(1 3 , 3 3 , ...)で共有するため、各種検査を効率良く実施することができる。

10 さらに、上記した実施形態では、半導体回路素子の製造工程において IC 製造用のウエハを検査する例を説明したが、本発明は、液晶表示素子の製造工程において液晶製造用のガラス基板を検査する場合にも同じように適用できる。

15 上記した実施形態では、検査データ記憶装置 1 2 は、データサーバであり、自動マクロ検査装置 1 1 ,重ね合わせ測定装置 1 3 ,線幅測定装置 3 3 の外部に設置されるものとしたが、それぞれの測定検査装置の内部に設置された記憶装置を用いてもよい。少なくとも 1 つの測定検査装置内の記憶装置にデータを記憶し、他の測定検査装置からデータの読み書きが可能な構成とすればよい。

以上説明したように、上記した実施形態によれば、被検査基板の広い領域を対象とした検査と狭い領域を対象とした検査とを効率よく運用することができるため、コスト増加を抑えつつ信頼性の高い検査を実施することが可能となる。

CLAIMS

What is claimed is:

1. 複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査を実施して、それぞれの前記被検査基板の欠陥の有無情報を出力する第1の検査装置と、
5 前記第1の検査装置から出力された前記欠陥の有無情報を前記被検査基板ごとに記憶する記憶装置と、
前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する第2の検査装置とを備え、
前記第2の検査装置は、前記記憶装置に記憶された前記欠陥の有無情報を参照
10 して、前記複数の被検査基板のうち、前記欠陥の無い被検査基板で、前記検査を実施する
ことを特徴とする基板検査システム。
2. 請求項1に記載の基板検査システムにおいて、
15 前記第2の検査装置は、前記被検査基板の表面に形成されているレジストパターンと下地パターンとの相対的なずれを測定することにより、前記検査を実施する
ることを特徴とする基板検査システム。
- 20 3. 複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査を実施して、それぞれの前記被検査基板の欠陥の分布情報を出力する第1の検査装置と、
前記第1の検査装置から出力された前記欠陥の分布情報を前記被検査基板ごとに記憶する記憶装置と、
前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する第2の検査装置とを備え、
25 前記第2の検査装置は、前記記憶装置に記憶された前記欠陥の分布情報を参照して、前記複数の被検査基板のうち、前記所定の部分に前記欠陥が分布していない被検査基板で、前記検査を実施する
ことを特徴とする基板検査システム。

4. 請求項 3 に記載の基板検査システムにおいて、

前記第 2 の検査装置は、前記被検査基板の表面に形成されているレジストパターンと下地パターンとの相対的なずれを測定することにより、前記検査を実施する

5 ことを特徴とする基板検査システム。

5. 複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査を実施して、それぞれの前記被検査基板の欠陥の分布情報および分類情報を出力する第 1 の検査装置と、

前記第 1 の検査装置から出力された前記欠陥の分布情報および分類情報を前記

10 被検査基板ごとに記憶する記憶装置と、

前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する第 2 の検査装置とを備え、

前記第 2 の検査装置は、前記記憶装置に記憶された前記欠陥の分布情報および分類情報を参照して、前記複数の被検査基板のうち、前記検査を実施すべき被検査基板を決定する

15 ことを特徴とする基板検査システム。

6. 請求項 5 に記載の基板検査システムにおいて、

前記第 2 の検査装置は、前記分類情報に含まれている前記欠陥の種類と当該第 2 の検査装置で検出可能な欠陥の種類との関連の度合いに応じて、前記検査を実施すべき被検査基板を決定する

20 ことを特徴とする基板検査システム。

7. 請求項 5 に記載の基板検査システムにおいて、

前記第 2 の検査装置は、前記被検査基板の表面に形成されているレジストパタ

25 ノンの線幅を測定することにより、前記検査を実施する

ことを特徴とする基板検査システム。

8. 複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査を実施して、それぞれの前記被検査基板の欠陥の有無情報を出力する第 1 の検査工程と、

前記第 1 の検査工程で出力された前記欠陥の有無情報を前記被検査基板ごとに記憶する記憶工程と、

前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する第 2 の検査工程とを備え、

前記第 2 の検査工程では、前記記憶工程で記憶された前記欠陥の有無情報を参

- 5 照して、前記複数の被検査基板のうち、前記欠陥の無い被検査基板で、前記検査を実施する

ことを特徴とする基板検査方法。

9. 請求項 8 に記載の基板検査方法において、

- 10 前記第 2 の検査工程では、前記被検査基板の表面に形成されているレジストパター
ンと下地パターンとの相対的なずれを測定することにより、前記検査を実施する

ことを特徴とする基板検査方法。

- 15 10. 複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査を実施して、それぞれの前記被検査基板の欠陥の分布情報を出力する第 1 の検査工程と、

前記第 1 の検査工程で出力された前記欠陥の分布情報を前記被検査基板ごとに記憶する記憶工程と、

前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する第 2 の検査工程とを備え、

- 20 前記第 2 の検査工程では、前記記憶工程で記憶された前記欠陥の分布情報を参照して、前記複数の被検査基板のうち、前記所定の部分に前記欠陥が分布していない被検査基板で、前記検査を実施する

ことを特徴とする基板検査方法。

- 25 11. 請求項 10 に記載の基板検査方法において、

前記第 2 の検査工程では、前記被検査基板の表面に形成されているレジストパター
ンと下地パターンとの相対的なずれを測定することにより、前記検査を実施する

ことを特徴とする基板検査方法。

12. 複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査を実施して、それぞれの前記被検査基板の欠陥の分布情報および分類情報を出力する第1の検査工程と、
前記第1の検査工程で出力された前記欠陥の分布情報および分類情報を前記被
5 検査基板ごとに記憶する記憶工程と、
前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する第2の検査工程とを備え、
前記第2の検査工程では、前記記憶工程で記憶された前記欠陥の分布情報およ
び分類情報を参照して、前記複数の被検査基板のうち、前記検査を実施すべき被
検査基板を決定する
- 10 ことを特徴とする基板検査方法。
13. 請求項12に記載の基板検査方法において、
前記第2の検査工程では、前記分類情報に含まれている前記欠陥の種類と当該
第2の検査工程で検出可能な欠陥の種類との関連の度合いに応じて、前記検査を
15 実施すべき被検査基板を決定する
ことを特徴とする基板検査方法。
14. 請求項12に記載の基板検査方法において、
前記第2の検査工程では、前記被検査基板の表面に形成されているレジストパ
20 ターンの線幅を測定することにより、前記検査を実施する
ことを特徴とする基板検査方法。
15. 複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査の結果得られた、それ
ぞれの前記被検査基板の欠陥の有無情報が記憶される記憶装置と、
25 前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する検査部とを備え、
前記検査部は、前記記憶装置に記憶された前記欠陥の有無情報に基づいて、前
記複数の被検査基板のうち、前記欠陥の無い被検査基板で、前記検査を実施する
ことを特徴とする基板検査装置。

16. 複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査の結果得られた、それ
ぞれの前記被検査基板の欠陥の分布情報が記憶される記憶装置と、

前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する検査部とを備え、

前記検査部は、前記記憶装置に記憶された前記欠陥の分布情報に基づいて、前

5 記複数の被検査基板のうち、前記所定の部分に前記欠陥が分布していない被検査
基板で、前記検査を実施する

ことを特徴とする基板検査装置。

17. 複数の被検査基板それぞれに対するマクロ検査の結果得られた、それ

10 ぞれの前記被検査基板の欠陥の分布情報および分類情報が記憶される記憶装置と、

前記被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する検査部とを備え、

前記検査部は、前記記憶装置に記憶された前記欠陥の分布情報および分類情報
に基づいて、前記複数の被検査基板のうち、前記検査を実施すべき被検査基板を
決定する

15 ことを特徴とする基板検査装置。

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

本発明は、被検査基板の広い領域を対象とした検査と狭い領域を対象とした検査とを効率良く運用できる基板検査システム、基板検査方法および基板検査装置を提供することを目的とする。そのため本発明では、複数の被検査基板 1 4(1)～1 4(n)それぞれに対するマクロ検査を実施して、それぞれの被検査基板の欠陥の有無情報を出力する第 1 の検査装置 1 1 と、第 1 の検査装置から出力された欠陥の有無情報を被検査基板ごとに記憶する記憶装置 1 2 と、被検査基板の所定の部分に対する検査を実施する第 2 の検査装置 1 3 とを備える。この第 2 の検査装置は、記憶装置に記憶された欠陥の有無情報を参照して、複数の被検査基板 1 4(1)～1 4(n)のうち、欠陥の無い被検査基板で、検査を実施するものである。